

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

---

## Method for operating a machine tool or a robot with directly interacting main axle additional positioning axles

**Patent number:** EP0735444  
**Publication date:** 1996-10-02  
**Inventor:** SCHMIDT WOLFGANG DR (DE); ROSSI GERNOT (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** G05B19/18  
- **European:** G05B19/414A; G05B19/408  
**Application number:** EP19960104811.19960326  
**Priority number(s):** DE19951012173 19950331

Also published as

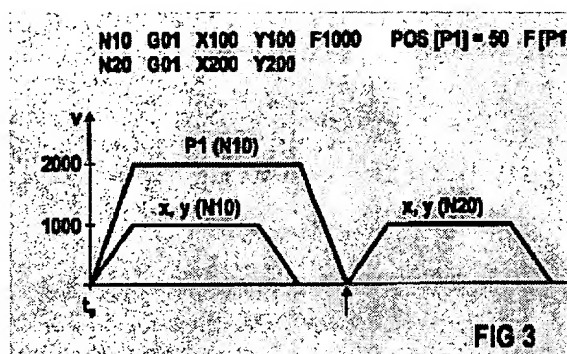
EP073544  
EP073544

Cited documents:

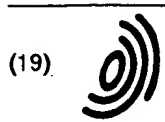
US459057  
DE433320

### Abstract of EP0735444

The operating system uses a numerical control with parallel processing for interaction of the main and positioning axes (x,y,S1,P1), via a partial program divided into sets, providing the required values for the machine tool or robot movement. The first partial program set (N10) provides initial parameter values for both the main axes (x,y) and the positioning axes (S1,P1), with an additional criteria provided for each positioning axis, allowing the next partial program set (N20) to be processed when only the main axes of the preceding partial program set have been processed, or allowing the processing of the next set to be initiated only after processing both the main axes and the positioning axes.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office eur péen des brevets



(11)

EP 0 735 444 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
02.10.1996 Patentblatt 1996/40

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G05B 19/18

(21) Anmeldenummer: 96104811.3

(22) Anmeldetag: 26.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

(30) Priorität: 31.03.1995 DE 19512173

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- Rossi, Gernot  
91245 Simmelsdorf (DE)
- Schmidt, Wolfgang, Dr.  
91315 Höchstadt (DE)

(54) Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters mit unmittelbar zusammenwirkenden Hauptachsen und zusätzlichen Positionierachsen

(57) Um das Zusammenwirken von Haupt- und Positionierachsen (x,y,S1 und P1) transparent für den Anwender zu gestalten, können jeweils in einem Satz (N10) eines Teileprogramms, das dann auch in einem Kanal von mehrkanaligen Steuerungen ablaufen kann, sowohl die Hauptachsen (x,y,S1) als auch die Positionierachsen (P1) gestartet werden. Mittels eines Zusatz-

kriteriums (POS,POS A) im jeweils startenden Satz (N10) wird festgelegt, ob der nächste Satz (N20) des Teileprogramms ablaufen darf, wenn nur die Hauptachsenbewegung oder aber wenn sowohl die Hauptachsenbewegung als auch die Positionierachsenbewegung vollzogen ist.

N10 G01 X100 Y100 F1000 POS[P1] = 50 F[P1] = 2000  
N20 G01 X200 Y200

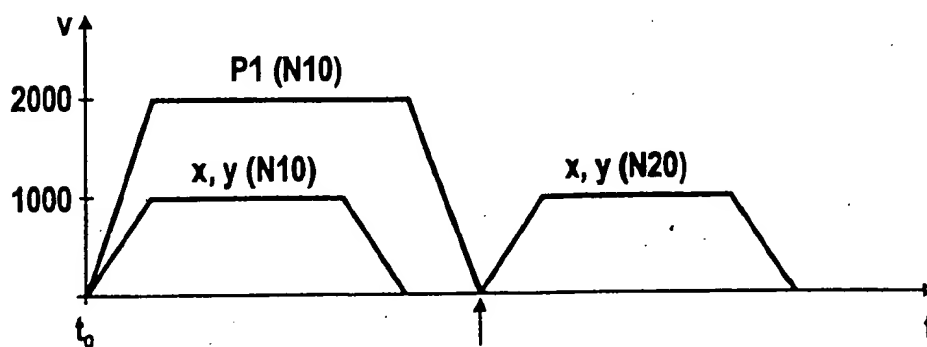


FIG 3

EP 0 735 444 A2

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters mit unmittelbar zusammenwirkenden Hauptachsen sowie zusätzlichen Positionierachsen, wobei alle Achsen von einer numerischen Steuerung entsprechend einem satzweise gegliederten Teileprogramm mit Sollwerten für die auszuführenden Bewegungen versorgt werden.

Bei modernen Werkzeugmaschinen ist es nicht nur erforderlich, die Hauptachsen zu steuern, sondern es sind auch weitere Achsen, sogenannte Positionierachsen, zu berücksichtigen. Positionierachsen stellen eine Möglichkeit zur Programmierung paralleler Bewegungsvorgänge dar. Damit ist es also möglich, mindestens eine zweite Bewegung zur Werkzeug- und Werkstückhandhabung während der Hauptzeit auszuführen. Beispielhafte Anwendungsgebiete hierzu sind:

- Starten des Bewegungsvorganges eines Laders zur Werkstückentnahme bevor die Rückzugsbewegung des Werkzeugs auf eine sichere Position zum Stillstand gebracht würde,
- Steuerung einer Pinole,
- Positionierung eines neu einzuwechselnden Werkzeugs auf eine Werkzeugwechselposition parallel zum Bearbeitungsvorgang.

Bei mehrkanaligen Werkzeugmaschinensteuerungen war die Berücksichtigung von Positionierachsen bis dato nur möglich, wenn Haupt- und Positionierachsen in unterschiedlichen Kanälen gesteuert wurden (DE-OS 43 33 201). Dabei wurde der zeitliche Ablauf von Positionier- und Hauptachsen durch eine Anpaßsteuerung, eine sogenannte PLC, gesteuert bzw. synchronisiert. Eine Synchronisierung von Positionier- und Hauptachsen im selben Interpolationstakt war dabei nicht möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß sowohl Hauptachsen, als auch Positionierachsen gemeinsam programmiert werden können und nicht in mehreren Kanälen entkoppelt voneinander zu behandeln sind.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß jeweils in einem Satz des Teileprogramms sowohl die Hauptachsen als auch die Positionierachsen entsprechend vorgegebener Parameter gestartet werden, daß dabei jedoch ein Zusatzkriterium für die jeweiligen Positionierachsen vergeben wird, das angibt, ob der nächste Satz des Teileprogramms ablaufen darf, wenn der vorangegangene Satz nur für die Hauptachsen abgearbeitet ist und die Positionierachsen gegebenenfalls noch die in diesem Satz gestarteten Bewegungen ausführen oder wenn der vorangegangene Satz sowohl für die Hauptachsen als auch für die Positionierachsen abgearbeitet ist.

Dadurch, daß ein gemeinsamer Interpolationstakt (IPO-Takt) zum Generieren der Sollwerte für die Haupt-

achsen und die Positionierachsen verwendet wird, ist eine Synchronisierung von Positionier- und Hauptachsen im selben IPO-Takt möglich.

Bedarfsweise können jedoch auch verschiedene Interpolationstakte zum Generieren der Sollwerte für die Hauptachsen und die Positionierachsen verwendet werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

- FIG 1 die Struktur des Zusammenspiels einer numerischen Steuerung mit einer Werkzeugmaschine,
- FIG 2 ein erstes Teileprogramm mit resultierendem Zeit-Geschwindigkeitsverlauf und
- FIG 3 ein zweites Teileprogramm mit resultierendem Zeit-Geschwindigkeitsverlauf.

In der Darstellung gemäß FIG 1 ist in Form eines Blockschaltbildes angedeutet, wie aus einem Teileprogrammspeicher TPS einer der Übersichtlichkeit halber nicht weiter dargestellten numerischen Steuerung über einen Kanal  $K_i$  der Steuerung Sollwerte für die auszuführenden Bewegungen der Aggregate einer Werkzeugmaschine WM ausgegeben werden. Bei der Werkzeugmaschine WM mag es sich dabei um eine Drehmaschine handeln, bei der ein Werkstück WS um eine Achse  $S_1$  gedreht wird und wobei ein Werkzeug WZ, in diesem Fall ein Drehmeißel, in zwei Achsen  $x$  und  $y$  positioniert wird. Die Sollwerte für die Bewegungen der Achsen  $S_1$ ,  $x$  und  $y$  werden über die numerische Steuerung als Werte  $x_s$ ,  $y_s$  und  $S_1_s$  aus demselben Kanal  $K_i$  geliefert, der dann auch Sollwerte  $P_1_s$  für die Position  $P_1$  eines Laders  $L$ , bei den es sich um einen Werkzeuglader handeln möge, liefert. Selbstverständlich können noch weitere Achsinformationen von der numerischen Steuerung an die Werkzeugmaschine WM gegeben werden, wie dies durch offene Ausgänge am Kanal  $K_i$  angedeutet ist. Ebenso soll das offene Netzwerk hinter dem Teileprogrammspeicher TPS und den Kanal  $K_i$  darauf hindeuten, daß auch weitere Kanäle der numerischen Steuerung für andere Steuerungszwecke zur Verfügung stehen.

Zunächst sei angenommen, daß der Wunsch bestehen möge, daß zwar die Hauptachsen  $x$  und  $y$  wie auch die Positionierachse  $P_1$  gemeinsam gestartet werden, daß jedoch dann unverzüglich nach Beendigung der ausgelösten Bewegungen für die Hauptachsen der nächsten Satz des Programms fortgeführt werden kann, ohne daß zuerst die Beendigung der Bewegung der Positionierachse  $P_1$  abzuwarten wäre.

Programmtechnisch könnte das, wie im oberen Teil von FIG 2 angedeutet, so aussehen, daß in einem ersten Satz  $N_{10}$  zunächst mit der Kennung  $G_{01}$  angegeben wird, daß eine Linearbewegung der Hauptachsen erfolgen soll. Durch die Parameter  $X_{100}$  und  $Y_{100}$  wird die anzufahrende Position angegeben und mit  $F_{1000}$  wird die Geschwindigkeit der Bewegung defi-

niert. In diesem Satz N10 wird jedoch nun ein Zusatzkriterium eingeführt, das im Beispiel als POS A angibt, daß die im folgenden spezifizierte Positionierachse P1 zwar mit dem Satz N10 gestartet wird, jedoch unabhängig von der weiteren Programmapfolge weiterbewegt wird, bis ein durch POS A [P1] = 50 definierter Ort "50" der Positionierachse P1 erreicht ist. Durch  $F[P1] = 2000$  wird die Geschwindigkeit der Positionierachsbewegung definiert.

In einem nächsten Satz des Teileprogramms, d.h. im Ausführungsbeispiel einem Satz N20, kann dann angegeben sein, daß durch eine weitere Linearbewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit die Hauptachsen x und y auf Werte X200 und Y200 zu verfahren sind.

Der resultierende Zeit-Geschwindigkeitsverlauf  $v = f(t)$  ist im unteren Teil von FIG 2 dargestellt. So ist ersichtlich, daß zur Zeit  $t_0$  sowohl die Bewegungen der Hauptachsen x, y als auch der Positionierachse P1 gestartet werden. Die kinematisch gekoppelten Hauptachsen x und y werden gemäß der Information des Satzes N10 mit Geschwindigkeit "1000" so bewegt, daß die Werte X100 und Y100 erreicht werden. Bei Erreichen dieser Werte kann - aber muß nicht - eine Geschwindigkeitsabsenkung vorgenommen werden. Typisch ist jedoch, daß mit dem Erreichen der angestrebten Position der Hauptachsen des Satzes N10 unverzüglich der nächste neue Satz N20 gestartet wird. Dies ist in der Darstellung durch einen Pfeil angedeutet. Die Positionierachse P1 wird nun im folgenden solange weiterverfahren, bis die dort angestrebte zugewiesene Position "50" erreicht ist und kann dann stillgesetzt werden.

In der Darstellung gemäß FIG 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gezeigt, das im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel gemäß FIG 2 entspricht, jedoch ist hier der Fall angenommen, daß der Satz N20 erst dann gestartet werden soll, wenn sowohl die Bewegung der Hauptachsen im Satz N10 als auch die Bewegung der Positionierachse im Satz N10 abgeschlossen ist. Dazu entspricht die zugehörige Programmierung zwar in fast allen Schritten der obengenannten Programmierung, jedoch wird dabei anstelle des Kriteriums POS A ein Kriterium POS verwendet. Dies wird in der Steuerung so detektiert und ausgewertet, daß vor Start des einem solchen Zusatzkriteriums folgenden nächsten Satzes, d.h. in diesem Fall des Satzes N20, zunächst die Bewegung der Positionierachse P1 beendet sein muß. Erst dann, wenn also die im Satz N10 ausgelösten Bewegungen von Hauptachsen und Positionierachsen abgeschlossen sind, wird der nächste Satz des Teileprogramms, in diesem Fall der Satz N20, gestartet. Dieser Sachverhalt ist ebenfalls durch einen Pfeil auf der Zeitachse im unteren Teil von FIG 3 angedeutet.

nierachsen, wobei alle Achsen von einer numerischen Steuerung entsprechend einem satzweise gegliederten Teileprogramm mit Sollwerten für die auszuführenden Bewegungen versorgt werden, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils in einem Satz (N10) des Teileprogramms sowohl die Hauptachsen (x,y) als auch die Positionierachsen (P1) entsprechend vorgegebener Parameter gestartet werden, daß dabei jedoch ein Zusatzkriterium (POS A) für die jeweiligen Positionierachsen (P1) vergeben wird, das angibt, ob der nächste Satz (N20) des Teileprogramms ablaufen darf, wenn der vorangegangene Satz nur für die Hauptachsen abgearbeitet ist und die Positionierachsen gegebenenfalls noch die in diesem Satz gestarteten Bewegungen ausführen oder wenn der vorangegangene Satz sowohl für die Hauptachsen als auch für die Positionierachsen abgearbeitet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsamer Interpolationstakt zum Generieren der Sollwerte für die Hauptachsen und die Positionierachsen verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Interpolationstakte zum Generieren der Sollwerte für die Hauptachsen und die Positionierachsen verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters mit unmittelbar zusammenwirkenden Hauptachsen sowie zusätzlichen Positio-

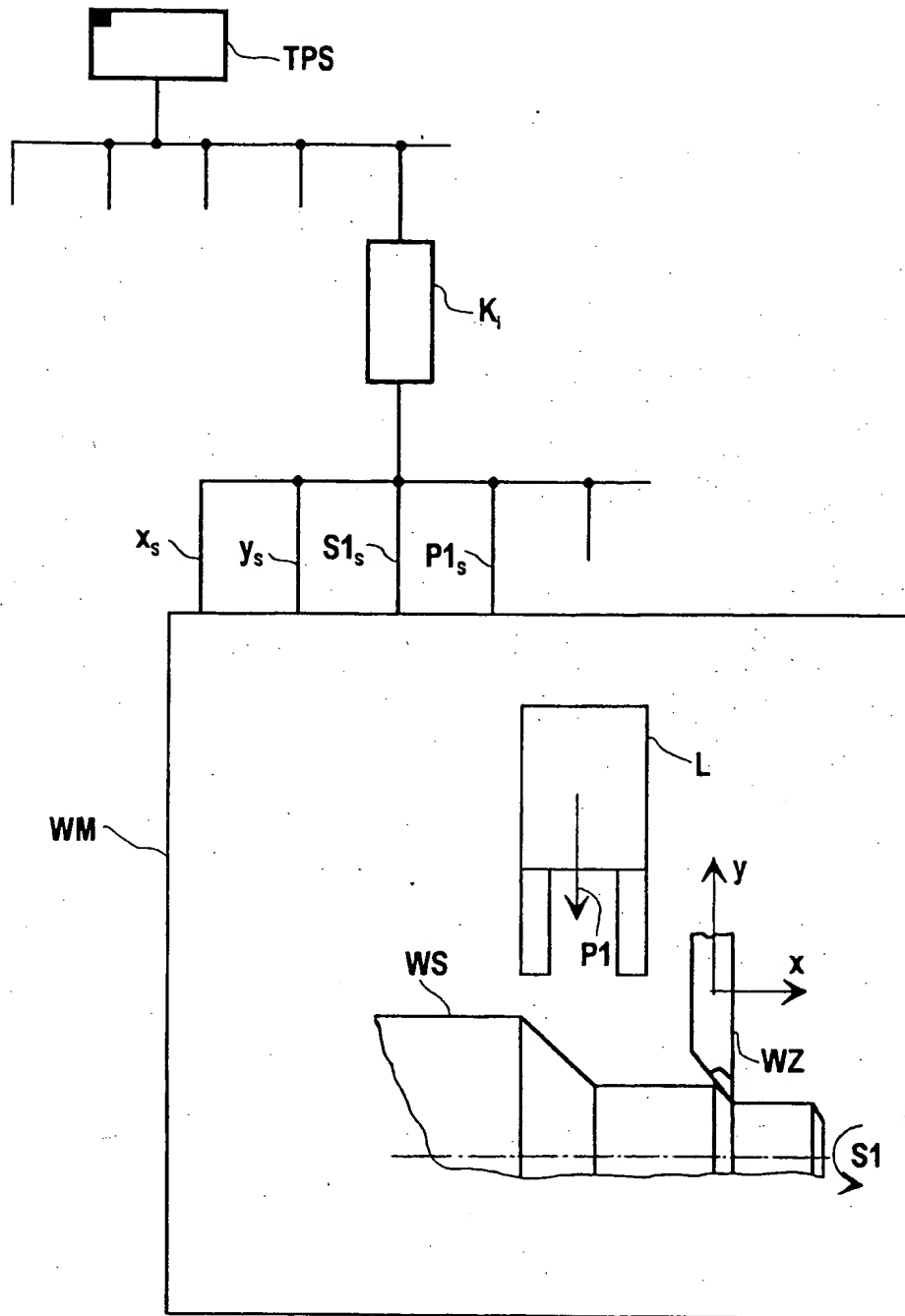


FIG 1



N10 G01 X100 Y100 F1000 POS A[P1] = 50 F[P1] = 2000  
N20 G01 X200 Y200

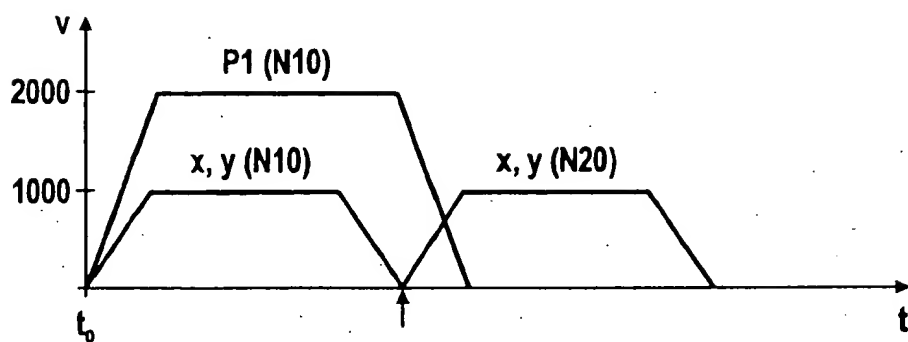


FIG 2

N10 G01 X100 Y100 F1000 POS [P1] = 50 F[P1] = 2000  
N20 G01 X200 Y200

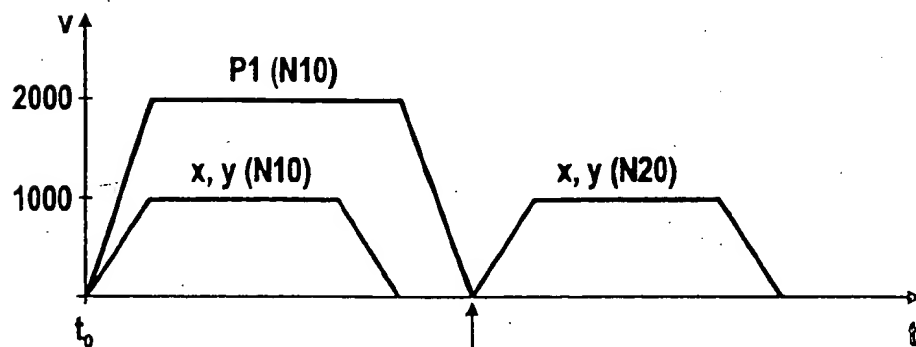


FIG 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**